

Wady refrakcji oraz ich rozpoznawanie u zwierząt

**Mateusz Szadkowski¹, Ireneusz Balicki¹, Aleksandra Tomkowicz²,
Alexandra Trbolova³, Agnieszka Balicka³**

z Katedry i Kliniki Chirurgii Zwierząt Wydziału Medycyny Weterynaryjnej w Lublinie¹, Zakładu Chirurgii i Anestezjologii Małych Zwierząt Wydziału Medycyny Weterynaryjnej w Warszawie² oraz Kliniki Małych Zwierząt Uniwersytetu Medycyny Weterynaryjnej i Farmacji w Koszycach³

Refrakcją nazywa się zmianę kierunku rozchodzenia się promieni świetlnych pod wpływem przejścia do innego ośrodka. W okulistyce przyjmuje się, że jest to zdolność układu optycznego oka do skupiania na siatkówce promieni świetlnych wpadających do wnętrza gałki ocznej. W skład układu optycznego oka wchodzi rogówka,

płyn komory przedniej, płyn komory tylnej, soczewka oraz ciało szkliste. Stanowią one struktury, które pokonują promienie świetlne, zanim dotrą do siatkówki. Najistotniejszą rolę odgrywa rogówka i soczewka. Soczewka zapewnia jedynie około 1/3, a rogówka nawet około 2/3 siły refrakcji potrzebnej do powstania obrazu na siatkówce (1).

Kiedy oko jest miarowe, co określa się mianem normowzroczności (emmetroopia), jego układ optyczny powinien bez napięcia mięśni rzęskowych, a zatem bez akomodacji, skupiać na siatkówce równoległe biegnące promienie świetlne. Punktem dali wzrokowej (*punctum remotum* – PR) określa się punkt najbardziej odległy od oka, który można zobaczyć ostro bez akomodacji. W oku normowzrocznym punkt dali wzrokowej leży w nieskończoności. W odwrotnej sytuacji punkt bliży wzrokowej (*punctum proximum* – PP) definiuje się jako punkt, który jest widziany ostro przy maksymalnym zbliżeniu do gałki ocznej i maksymalnej akomodacji. Odległość pomiędzy tymi dwoma punktami określa się jako głębię akomodacji (2, 3). Człowiek lub zwierzę jest w stanie widzieć ostro przedmiot znajdujący się pomiędzy tymi dwoma punktami.

Akomodacja

Oprócz refrakcji za prawidłowe widzenie odpowiada akomodacja. Jest to zdolność oka do zmiany ogniskowania promieni świetlnych, tak aby zostały skupione dokładnie na siatkówce. Daje to możliwość dostosowania się gałki ocznej do widzenia przedmiotów będących w różnym od niej oddaleniu. Jednym z mechanizmów akomodacji jest zdolność soczewki do zwiększania bądź zmniejszania jej krzywizny. Za tę właściwość odpowiadają między innymi mięśnie rzęskowe unerwione przez gałązkę nerwu okoruchowego. Mięśnie rzęskowe z kolei są odpowiedzialne za stopień napięcia więzadeł Zinna, które nadają soczewce odpowiedni kształt (2). Pod wpływem skrócenia się mięśni rzęskowych więzadła rozluźniają się, a soczewka uzyskuje kształt bardziej wypukły, co wiąże się ze zwiększeniem stopnia załamania promieni świetlnych. U niektórych zwierząt ze względu na niską elastyczność torebki soczewki ważnym mechanizmem akomodacji jest zmiana pozycji soczewki względem rogówki i siatkówki. Soczewka przesuwa się do przodu bądź do tyłu. Odbywa się to ze względu na relatywnie dużą ilość włókien podłużnych mięśnia ciała rzęskowego w stosunku do niedoboru jego włókien okrężnych (4). Podczas akomodacji zmiany dotyczą również źrenic. Przy obserwacji obiektów odległych źrenice rozszerzają się, natomiast w przypadku obserwacji z bliskiej odległości ulegają zwężeniu.

Dioptrie

Siła, z jaką układ optyczny załamuje promienie, określana jest w dioptriach. Z definicji tej jednostki wynika, że jeśli soczewka skupia równoległe wpadające do niej promienie w ognisku odległym o 1 m, jej moc wynosi 1 D. Wraz ze wzrostem mocy odległość od ogniska maleje, np. soczewka skupiająca o mocy 2 D tworzy ognisko w odległości 0,5 m. W przypadku stosowania soczewek skupiających – wypukłych stosuje się dodatkowo oznaczenie „+” (np. + 2 D), przy soczewkach rozpraszających – wklęsłych zaś „-” (np. - 2 D). Oznaczenie mocy szkielek korekcyjnych w przypadku wad refrakcji jest również miarą danej wady.

Wady refrakcji

Niekiedy punkty dali i bliży wzrokowej ulegają przesunięciu, a układ optyczny oka nie jest w stanie skupić promieni świetlnych na siatkówce. Dochodzi wówczas do wad refrakcji, czyli ametropii. Wśród wad refrakcji wyróżnia się krótkowzroczność (myopia) i nadwzroczność (hypermetropia) oraz szczególną wadę refrakcji, jaką jest nie-
zorność bardziej znana jako astygmatyzm.

Krótkowzroczność

Krótkowzroczność występuje wówczas, kiedy promienie wpadające do gałki ocznej skupiane są przed siatkówką. Występują trzy rodzaje krótkowzroczności: osiowa, krzywiznowa i refrakcyjna. Krótkowzroczność osiowa występuje w przypadku, kiedy oś gałki ocznej jest zbyt długa przy prawidłowej budowie układu optycznego. Taka wada może rozwinąć się w okresie wzrostu i dojrzewania organizmu. Krótkowzroczność krzywiznowa jest z kolei spowodowana zbyt dużą wypukłością krzywizn, przede wszystkim rogówki i soczewki jako najważniejszych struktur układu optycznego. Występuje również krótkowzroczność refrakcyjna (współczynnikowa) rozwijająca się w przypadku procesów dotykających soczewki i zwiększających jej współczynnik załamania światła, tak jak ma to miejsce w przebiegu cukrzycy czy pojawiającej się zaćmie jądrowej (2, 5, 6).

Nadwzroczność

W przypadku nadwzroczności promienie świetlne równoległe wpadające do gałki ocznej skupiane są w teoretycznym ognisku za siatkówką w tzw. punkcie pozornym (2). W tym przypadku również można wyróżnić nadwzroczność osiową, kiedy oś gałki ocznej jest zbyt krótka w stosunku do prawidłowej refrakcji układu optycznego. Nadwzroczność krzywiznowa występuje stosunkowo rzadko i najczęściej ma związek ze zbyt dużym promieniem rogówki, co jest równoznaczne ze zbyt małą jej krzywizną. Nadwzroczność refrakcyjna powstaje natomiast, kiedy w soczewce dochodzi do osłabienia właściwości załamania promieni świetlnych. Wtedy przy prawidłowej długości osi gałki ocznej ośrodkki niedostatecznie skupiają promienie świetlne i zostają one zogniskowane za siatkówką. Na obniżenie współczynnika załamania mogą mieć wpływ stany patologiczne soczewki, takie jak stwardnienie jądra soczewki i spadek jej elastyczności, co może być związane z wiekiem. Podobna sytuacja może mieć miejsce w przypadkach przemieszczeń soczewki lub jej braku (2, 5, 6).

Astygmatyzm

Niezorność (astygmatyzm) jest specyficzną wadą refrakcji, która występuje wówczas, gdy promienie świetlne załamane przez układ optyczny oka nie skupiają się w jednym punkcie. Najczęściej, bo w około 98%, przyczynę astygmatyzmu upatruje się w rogówce i jej nieprawidłowej krzywiznie (2, 3, 6). Niezorność tego typu może być zarówno wrodzona, jak i nabyta. Astygmatyzm pojawia się, gdy promienie wpadające do gałki ocznej są odmiennie załamane w płaszczyźnie pionowej (południkowej) i poziomej (równikowej). Powstają wówczas

Refractive errors and their examination in animals

Szadkowski M.¹, Balicki I.¹, Tomkowicz A.², Trbolova A.³, Balicka A.³, Department and Clinic of Animal Surgery, Faculty of Veterinary Medicine, University of Life Sciences in Lublin¹, Division of Small Animal Surgery and Anesthesiology, Faculty of Veterinary Medicine, Warsaw University of Life Sciences², Small Animals Clinic, University of Veterinary Medicine and Pharmacy in Košice³

The aim of the current paper was to present principles of the refractive state examination that enables recognition of refractive errors in animals. Refractive error is a difference between the focal length of the cornea and lens, and the length of the eye resulting in myopia or hyperopia. Here, we have characterized emmetropia, myopia, hypermetropia and also astigmatism and anisometropia. Retinoscopy, an objective method of investigating, diagnosing and evaluating refractive errors was described as a routine procedure. The actual procedure however, that can be recommended in veterinary practice, is autorefractometry with hand-held measuring device.

Keywords: refractive errors, streak retinoscopy, autorefractometry, animals.

dwa ogniska, a przynajmniej jedno z nich znajduje się poza siatkówką. W takiej sytuacji obraz przedmiotu będzie widziany nieostro i w formie zniekształconej (3, 6). Nabyty astygmatyzm pojawia się często na skutek bliznowatych zmian będących następstwem procesu gojenia ubytków rogówki.

Różnowzroczność

Różnowzrocznością (anisometropia) nazywa się stan, w którym występuje różnica w mocy optycznej pomiędzy jedną a drugą gałką oczną. W takim przypadku obraz widzianego przedmiotu może różnić się wielkością. Jeżeli różnica w sile refrakcji przekracza 4 D, to różnica wielkości obrazów powstających na siatkówce uniemożliwia ich korowe nakładanie się (fuzję) i prawidłowe widzenie obuoczne, które jest podstawą widzenia trójwymiarowego (stereoskopii). W sytuacji kiedy występuje dużego stopnia różnowzroczność, rzędu kilku bądź kilkunastu dioptrii gorzej widzące oko ztraca zdolność widzenia lub zupełnie jej nie wykształca, jeśli stan ten trwa od urodzenia, i funkcjonalnie jest całkowicie zastępowane przez oko widzące lepiej (2).

Rozpoznawanie wad refrakcji oczu

Istnieją różne metody badania wad refrakcji. Zalicza się do nich metody subiektywne i obiektywne. W metodach subiektywnych od badanego oczekuje się informacji



Ryc. 1. Przyrządy, które można wykorzystać do badania refrakcji metodą skiaskopii. Od lewej: zwierciadło wklęsłe i płaskie, oftalmoskop bezpośredni, skiaskop

na temat ostrości widzenia podczas dopasowywania kolejnych soczewek korekcyjnych. Z przyczyn oczywistych taka współpraca ze zwierzęciem nie jest możliwa. Dlatego w medycynie weterynaryjnej stosuje się metody obiektywne.

Skiaskopia

Jedną z obiektywnych metod badania wad refrakcji jest skiaskopia, znana również jako retinoskopia. Aby badanie zostało przeprowadzone prawidłowo, wskazane jest farmakologiczne zablokowanie mechanizmów akomodacji poprzez podanie kropli rozszerzających źrenicę, np. atropiny. W trakcie tego badania odległość pomiędzy okiem badającego a okiem badanym wynosi 1 m. Istota badania polega na poszukiwaniu punktu dali wzrokowej. W tym punkcie ogniskują się promienie odbite od siatkówki. W zależności od wady refrakcji obecność lub brak tego punktu pomiędzy okiem badającym a badanym daje wrażenie cienia poruszającego się w zależności od ruchów oftalmoskopu. Podczas wykonywania badania badający za pomocą źródła światła w postaci skiaskopu, oftalmoskopu czy płaskiego zwierciadła z otworem odbijającego światło lampy, kieruje wiązkę promieni świetlnych na dno oka i w obrębie źrenicy obserwuje kierunek ruchu cienia będącego odbiaskiem z dna oka (2; ryc. 1). Wiązkę światła umieszcza się poza okiem badanym i od strony bocznej powoli przesuwa się w kierunku przyśrodkowym. Kiedy promienie świetlne wpadną do oka przez otwór źreniczny, odbłask przybiera kolor dna oka. Sposób zachowania się cienia pod wpływem ruchu wiązki światła z oftalmoskopu pozwala określić wadę refrakcji. W sytuacji, kiedy oko jest krótkowzroczne w stopniu powyżej 1 D (wtedy punkt dali wzrokowej leży pomiędzy okiem

badanym a badającym), ruch wiązki światła powoduje powstanie cienia, który synchronicznie przesuwa się przeciwnie do ruchu oftalmoskopu. Jeżeli w badanym oku występuje krótkowzroczność na poziomie 1 D, wówczas punkt dali wzrokowej oka badanego i cień nie będzie obserwowany. W oku normowzrocznym, nadwzrocznym, a także oku krótkowzrocznym poniżej 1 D podczas badania punkt dali wzrokowej znajduje się poza okiem badającego. Takie oko tworzy w źrenicy cień poruszający się zgodnie z ruchem oftalmoskopu.

Jeżeli do badania wykorzystuje się oftalmoskop wklęsły, wówczas ruchy cienia w źrenicy interpretuje się inaczej, tj. w przypadku krótkowzroczności powyżej 1 D cień będzie przesuwał się zgodnie z ruchem oftalmoskopu. Jeśli ruch cienia będzie przeciwny do ruchu oftalmoskopu, to badane oko może być normowzroczne, krótkowzroczne poniżej 1 D lub nadwzroczne, jeśli natomiast cień się nie pojawia, tu również oko jest krótkowzroczne na poziomie równym 1 D (7).

Stopień refrakcji przy tej metodzie ocenia się poprzez umieszczanie soczewek o różnej mocy pomiędzy okiem badającego a okiem badanym i ponowną ocenę zachowania się cienia. Przy badaniu pomocne są specjalne linijki z osadzonymi w nich soczewkami o różnej mocy i o różnym kształcie lub soczewki osadzone na kole (ryc. 2). Badający stosuje kolejne soczewki, aż do momentu zniesienia występowania cienia widocznego w źrenicy. Po ustaleniu mocy soczewki, przy której znika cień, należy uwzględnić, że wielkość wady refrakcji ustala się dopiero po dodaniu -1 D do wartości mocy zastosowanej soczewki. Dzieje się tak ze względu na konieczność korekcji odległości, w której wykonywane jest badanie.

Przykładowo, jeśli soczewka -1,5 D zniosła cień, to stopień krótkowzroczności wynosi $-1,5 D + (-1 D) = -2,5 D$.

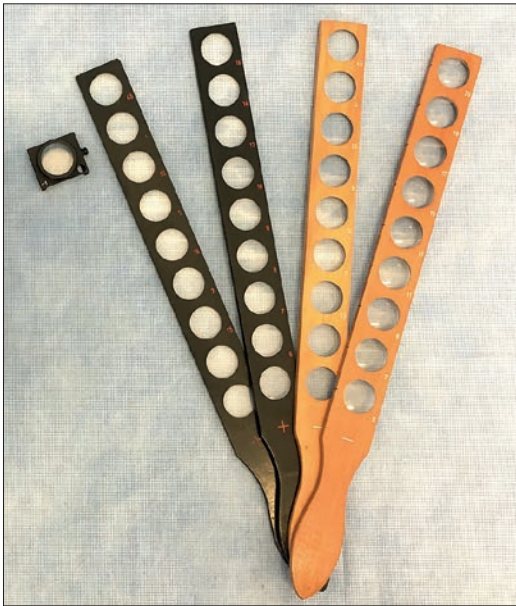
Wziernikowanie

Tradycyjną i orientacyjną metodą oznaczania refrakcji jest wziernikowanie. Badanie to przeprowadza się tak jak badanie dna oka. Kiedy oko badane jest miarowe, a badającego jest miarowe bądź skorygowane, otrzymuje on dobrze widoczny obraz prosty. Jeżeli w oku badanym występuje niemiarywość, badający odbierze obraz dna oka jako niewyraźny. Podczas tego badania również podejmuje się próby skorygowania tej wady doбором kolejnych soczewek. Przy myopii badający próbuje skorygować łamliwość układu optycznego oka poprzez stosowanie kolejnych soczewek wklęsłych. Najsłabsza z tych soczewek, która pozwala na obserwację wyraźnego obrazu dna oka, jest miarą refrakcji danej wady. W przypadku hypermetropii miarą zaburzenia łamliwości będzie z kolei najsilniejsza soczewka wypukła umożliwiająca wyraźną obserwację dna oka, a w szczególności krążka nerwu wzrokowego. Przy zastosowaniu tej metody również powinno doprowadzić się do zniesienia akomodacji w oku badanym. Badanie przeprowadza się z biskiej odległości, bo ok. 5 cm. Określenie stopnia refrakcji tą metodą przeprowadzano przy użyciu wziernika, źródła światła oraz obrotowej tarczy z soczewkami (7). Taki układ soczewek znajduje się w oftalmoskopach bezpośrednich.

Autorefraktometria

Autorefraktometria jest potocznie nazywana „komputerowym badaniem wzroku”. Daje ona możliwość szybkiego określenia stopnia refrakcji, a w niektórych przypadkach stopnia niezborności. Część urządzeń opiera się na zasadzie optometrii (refraktometrii subiektywnej). Ich działanie polega na automatycznym umieszczaniu przed okiem soczewek o różnej mocy, aż do momentu korekcji ostrości widzenia. Inne urządzenia stosują metodę automatycznej skiaskopii przy użyciu podzerywni. Niektóre zaś aparaty łączą obie te metody, co pozwala na próbę wyeliminowania ewentualnych błędów pomiarowych. Refraktokeratometrii automatyczne dodatkowo wykonują pomiary rogówki. Określają promień krzywizny przedniej i tylnej powierzchni rogówki. Daje to możliwość oceny stopnia niezborności w badanym oku. Wynik badania zwykle otrzymywany jest w postaci wydruku komputerowego (2).

W okulistyce u ludzi najczęściej wykorzystuje się urządzenia stacjonarne, przy których osoba badana siada, opiera brodę na podpórce oraz dociska czoło do ramki urządzenia. Taki układ pozwala na zminimalizowanie błędów pomiarowych związanych



Ryc. 2. Linijki do skioskopii z układem soczewek skupiających i rozpraszających

Ryc. 3. Wykorzystanie autorefraktometru Retinomax 3 (Righton) podczas badania refrakcji u konia



z ruchem głowy i pozwala na osiągnięcie bardziej precyzyjnego wyniku badania w krótszym czasie. Ze względu na trudność adaptacji takich autorefraktometrów dla zwierząt, w weterynarii wykorzystuje się ich wersje przenośne stworzone przede wszystkim do badania dzieci i osób starszych. Ich lekkość i mobilność czynią badanie u zwierząt bezpieczniejszym dla zwierzęcia, badającego, ale i samego sprzętu. Dodatkowo przenośne autorefraktometry dają możliwość wykonania badania w pozycji dostosowanej do zwierzęcia, które może być różnej wielkości i w zależności od gatunku mieć specyficznie umieszczenie gałek ocznych (ryc. 3).

Główną wadą refraktometrii automatycznej jest trudność w pełnej eliminacji akomodacji, która szczególnie u młodych osobników z dobrze funkcjonującą akomodacją może być źródłem błędów pomiarowego. Wobec tego zastosowanie preparatów porażających akomodację wydaje się przydatne i ograniczające możliwość wystąpienia błędów (8).

Przez długi czas do wyeliminowania mechanizmów akomodacji stosowano atropinę. Po jej podaniu do worka spojówkowego rozszerzenie źrenicy występuje już po ok. 30 min i może utrzymać się przez nawet 8–14 dni, natomiast porażenie akomodacji wystąpi dopiero po ok. 2 godzinach i może utrzymać się do 5 dni (4). Ze względu na tak długi czas utrzymywania się skutków podania atropiny, szczególnie w okulistyce ludzi, ale i w weterynarii, odchodzi się od jej stosowania, a w jej miejsce wykorzystuje się tropikamid. Po podaniu tropikamidu do worka spojówkowego jego działanie rozpoczyna się już po kilku minutach, a maksymalne rozszerzenie źrenicy pojawia się po 15–20 minutach i może utrzymać się do 2 godzin. Działanie, którego oczekuje się przy badaniu wad refrakcji, czyli porażenie akomodacji, występuje

po 20–30 minutach po 2-krotnym podaniu i trwa ok. 30 minut, a całkowicie ustępuje po ok. 3 godzinach, przy czym rozszerzenie źrenicy powinno całkowicie ustąpić po upływie 3–5 godzin. Mimo zalet tropikamidu jego działanie może pozostawiać akomodację resztkową większą niż 1 D, więc do badania wad refrakcji u organizmów młodych ze względu na ich bardzo dobrą zdolność akomodacji nadal poleca się stosowanie atropiny i w dodatku na kilka dni przed planowanym badaniem (4).

Autorefraktometria a skioskopia

W porównawczych badaniach naukowych (8, 9) stwierdzono pewne różnice w wynikach przy zastosowaniu w badaniu w psów technik skioskopii i autorefraktometrii.

Groth i wsp. (9) przeprowadzili badania przy użyciu skioskopii linijkowej oraz autorefraktometru Welch Allyn SureSight™. Wykazali dobrą zgodność oraz brak różnic statystycznie istotnych pomiędzy wynikami otrzymanymi przy użyciu tych technik bez wykorzystania mechanizmów porażających akomodację. Różnice pojawiły się w przypadku porównania wyników badań wykonanych przy wyeliminowaniu akomodacji (9). Natomiast Itoh i wsp. (8), porównując również skioskopię linijkową z autorefraktometrem Retinomax K-plus (Nikon), wykazali, że różnice pomiędzy wynikami większe niż 0,5 D wystąpiły w 54,3% gałek ocznych badanych bez wykorzystania preparatów wyłączających akomodację oraz w 47,8% gałek ocznych po zablokowaniu akomodacji. Mimo wyniku podkreślili oni przydatność autorefraktometrii w badaniach u zwierząt po spełnieniu pewnych warunków (8). Nadal uznaje się technikę skioskopii tradycyjnej jako referencyjną. Wymaga ona jednak dużego doświadczenia i uwagi ze strony badającego. W przypadku stosowania tej metody

badania w medycynie weterynaryjnej należy również zwrócić uwagę na konieczność odpowiedniego zachowania zwierzęcia. Operowanie linijkami w pobliżu oka i wysyłanie wiązki światła w jego stronę może wywołać u zwierzęcia niepokój i znacząco utrudniać badanie. W takich sytuacjach i tak stosunkowo długi czas badania może znacząco się wydłużyć. Natomiast badanie za pomocą autorefraktometru może wykonać osoba przeszkolona jedynie w zakresie obsługi sprzętu i posiadająca minimalne doświadczenie w badaniu wad refrakcji. Badanie trwa bardzo krótko i z reguły nie wywołuje znaczącego niepokojem ze strony zwierzęcia. W obliczu stosunkowo niewielkich różnic w wynikach pomiędzy tymi badaniami wydaje się, że autorefraktometry będą z powodzeniem stosowane w rutynowym badaniu wad refrakcji u zwierząt.

Piśmiennictwo

- Bradford C.A.: *Okulistyka. Podręcznik dla studentów*. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2006, 6–13.
- Nizankowska M.H.: *Okulistyka. Podstawy kliniczne*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2007, 78–88.
- Pałac O.: *Zarys podstawowych problemów współczesnej okulistyki*. Wydawnictwo Pomorskiej Akademii Medycznej, Szczecin 2003, 12–18.
- Gelatt K.N., Gilger B.C., Kern T.J.: *Veterinary Ophthalmology*, Wiley-Blackwell 2013, 5th ed., vol. One, 208–228, 423–427.
- Tomkowicz A., Balicki I., Szadkowski M., Trbolova A., Balicka A.: Widzenie u koni ze szczególnym uwzględnieniem wad refrakcji. *Magazyn Wet.* 2016, 10, 12–16.
- Miller P.: *Retinoscopy: Theory and Practice. Materiały Konferencyjne ECVO, Master Class – Vision and Blindness*, Estoril 2017, 35–63.
- Kostyra J., Komar E., Lipińska M., Karpiński J.: *Okulistyka weterynaryjna*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Lublin 1985, 17–31.
- Itoh Y., Hagiwara M., Maehara S., Izumisawa Y.: Accuracy of hand-held autorefractometer for refractive examination of dog's eye, and influence of accommodative palsy. *Anim. Eye Res.* 2011, 30, 3–10.
- Groth A.D., Hollingsworth S.R., Ofri R., Kass P.H., Reed Z., Murphy Ch.J.: Clinical comparison of the Welch Allyn SureSight™ handheld autorefractor versus streak retinoscopy in dogs. *Vet Ophthalmol.* 2013, 16, 319–323.

Lek. wet. Aleksandra Tomkowicz,
e-mail: aleksandratomkowicz@gmail.com